

Глобальные изменения природной среды / Глав. ред.: Н. Л. Добрецов, В. И. Коваленко. Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1998. 350 с.

В книге отражены основные результаты теоретических и экспериментальных исследований по Направлению I «Глобальные изменения природной среды и климата» в рамках Государственной программы России «Глобальные изменения природной среды и климата» Федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения».

Для широкого круга специалистов в области наук о Земле и экологии.

This book reports the main results of theoretical and experimental research in the Direction I «Global changes of environment and climate» within the framework of the Russian state program «Global changes of environment and climate» of the Federal goal-oriented scientific and engineering program «Research and development in the top-priority directions of science and civil engineering».

It is of interest for experts in the field of geosciences and ecology.

Редакционно-издательский совет Программы:

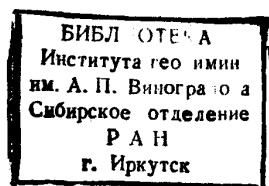
академик *Н. П. Лаверов* (председатель), академик *Г. С. Голицын*, академик *Н. Л. Добрецов*, академик *Ю. А. Израэль*, академик *Г. А. Заварзин*, чл.-кор. РАН *А. В. Николаев*, к. т. н. *А. М. Новиков* (зам. председателя), чл.-кор. РАЕН *Л. Е. Собисевич*, д. т. н. *С. А. Пегов*, *Т. М. Троицкая* (секретарь)

Редакционная коллегия:

академик *Н. Л. Добрецов*, чл.-кор. РАН *В. И. Коваленко* (главные редакторы)
д-р геол.-мин. наук *В. А. Верниковский*, д-р геол.-мин. наук *В. А. Кононова*
(ответственные секретари)

Рецензенты:

академик *О. А. Богатиков*, чл.-кор. РАН *Ч. Б. Борукаев*, д-р геол.-мин. наук *В. А. Захаров*



© Миннауки РФ, 1998

© Российская Академия наук, 1998

© НИЦ ОИГТМ СО РАН, оформление, 1998

1.4. МАГНИТОСТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ШКАЛА ПОЗДНЕГО КАЙНОЗОЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ ПО ДАННЫМ ГЛУБОКОГО БУРЕНИЯ НА БАЙКАЛЕ

В. А. Кравчинский^{1,2}, Дж. Пек³, Х. Сакаи⁴, Дж. Кинг³, Ш. Номура⁴, А. Танака⁶, М. И. Кузьмин², Д. Вильямс⁵, Т. Каваи⁶

¹ Восточно-Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Иркутск

² Институт геохимии СО РАН, Иркутск

³ Высшая школа океанографии, Университет Род Айленда, Наррагасетт, США

⁴ Университет Тоямы, Тояма, Япония

⁵ Университет Южной Каролины, Колумбия, США

⁶ Национальный институт изучения окружающей среды, Цукуба, Япония

Палеомагнитные исследования осадков оз. Байкал и окружающих его обнажений ведутся с середины 70-х годов [Плиоцен., 1982] и продемонстрировали пригодность донных осадков для палео- и петромагнитных исследований. Изучены керны колонок и скважин всех частей Байкала (Северной, Центральной и Южной) на протяжении 600 км [Плиоцен., 1982; Кинг и др., 1993; Peck et al., 1994, 1996]. Магнитная восприимчивость (K), величина вектора естественной остаточной намагниченности (ЕОН), коэффициент Кенигсберге-ра — величины, позволяющие проводить достаточно точную корреляцию колонок, поднятых из осадков Академического хребта (Центральный Байкал).

В 1993 г. был изучен первый керн двух 100-метровых скважин, пробуренных недалеко от устья р. Бугульдейки. Данные измерений магнитной восприимчивости без вскрытия керна и по отдельным образцам дают возможность кроме корреляции кернов получить более полный разрез осадков по скважинам, составляя композиционную колонку путем привлечения недостающих интервалов по обеим скважинам [Результаты., 1995]. Кроме того, профили K по самым верхним частям обеих скважин четко сопоставляются с ранее отобранными недалеко от места бурения колонками. Изучение магнитной восприимчивости позволило идентифицировать «загрязненные» вследствие привноса вещества извне в процессе бурения участки колонок. Такие интервалы характеризуются необычайно высокими значениями K . Петромагнитные исследования скважин и колонок оз. Байкал проводились для определения возраста осадков и интерпретации палеоклиматов. Параметры магнитной концентрации меньше в продуктивных межледниковых интервалах, где развит диатомовый опал. Вариации магнитной минералогии, отмечаемые в нижних частях колонок, указывают на максимумы эолового переноса в течение ледниковых интервалов, что предполагает относительно аридные усло-

вия. Сопоставление ледниковых — межледниковых циклов и вариаций концентрации магнитных частиц в осадке с магнитной минералогией использовано для оценки возраста осадков на Академическом хребте. Такая методика использует коррелируемость петромагнитных параметров и глобальной кривой объемов льда, полученной по программе SPECMAP [Кинг и др., 1993; Peck et al., 1994, 1996].

Зимой 1996 г. на Академическом хребте пробурены две новые скважины (200 и 100 м), охватывающие более продолжительный временной интервал — BDP-96-1 и BDP-96-2. Первые результаты бурения были опубликованы в работах [Continuous., 1997; Williams et al., 1997]. Магнитная восприимчивость кернов была промерена каждые 3 см с помощью прибора *Bartington* без вскрытия керна, а также в отдельных образцах. Новые данные иллюстрируют высокую коррелируемость магнитной восприимчивости по обеим скважинам между собой и с литологией. Кроме того, в Иркутской палеомагнитной лаборатории и в Университете Род Айленда был проведен комплекс лабораторных экспериментов по размагничиванию ориентированных верх-низ образцов (интервал опробования 10 см). В лаборатории Университета Тоямы выполнено сканирование кернов на криогенном магнитометре типа 2-G через 1 см. По результатам петро- и палеомагнитных исследований кернов скважин BDP-96 проведено датирование. Колонка 200 м оценена в 5 млн лет (рис. 1). Рассчитаны скорости осадконакопления в разные геоматнитные эпохи (Брюнес, Матуйя, Гаусс, Гилберт) (см. таблицу). Скорость меняется от 4,3—4,4 см/тыс. лет на глубинах 30—50 м до 3,9—4,0 см/тыс. лет на глубинах 50—200 м. Разница в скоростях осадконакопления может объясняться меньшей уплотненностью верхних горизонтов, пройденных скважинами осадков. Этот результат совпадает по обеим скважинам.

Датирование кернов скважин глубокого бурения на Академическом хребте (оз. Байкал) по магнитным данным

Геоманнитный хрон	Возраст, млн лет	Скважина BDP-96-1		Скважина BDP-96-2	
		глубина, м	скорость осадконакопления, см/тыс. лет	глубина, м	скорость осадконакопления, см/тыс. лет
Брюнес Матуяма	0,780	33,3—33,7	4,3	33,6—34,15	4,3
Харамильо	0,990—1,070	43,3—47,0	4,4	42,5—47,15	4,3—4,4
Кобб Монтан	1,201—1,211	49,0—53,1	4,1—4,4	47,65—48,4	4,0
Гилза (?)	1,550—1,600	65,25—65,6	4,0—4,1	65,3—65,95	4,0—4,1
Олдувай	1,770—1,950	73,0—78,2	4,0—4,1	71,6—79,8	4,0—4,1
Реюньон - I	2,140—2,150	?	?	85,8—87,8	4,0—4,1
Реюньон - II ?	2,200	93,5—95,5	4,2	—	—
Матуяма/ Гаусс	2,600	104,8	4,0		
Каена	3,040—3,110	115,5—121,3	3,8—3,9		
Маммот	3,220—3,330	124,0—128,5	3,9		
Гаусс/Гильберт	3,580	143,0	4,0		
Кочити	4,180—4,290	166,3—170,9	4,0		
Нунивак	4,480—4,620	179,5—181,7	3,9—4,0		
Сидуьял	4,800—4,890	187,7—188,1	3,8—3,9		
	4,970	200	4,0		

Примечание. Возраст геоманнитных хронов [Shackleton et al., 1990; Candle, Kent, 1995; Channel, 1995].

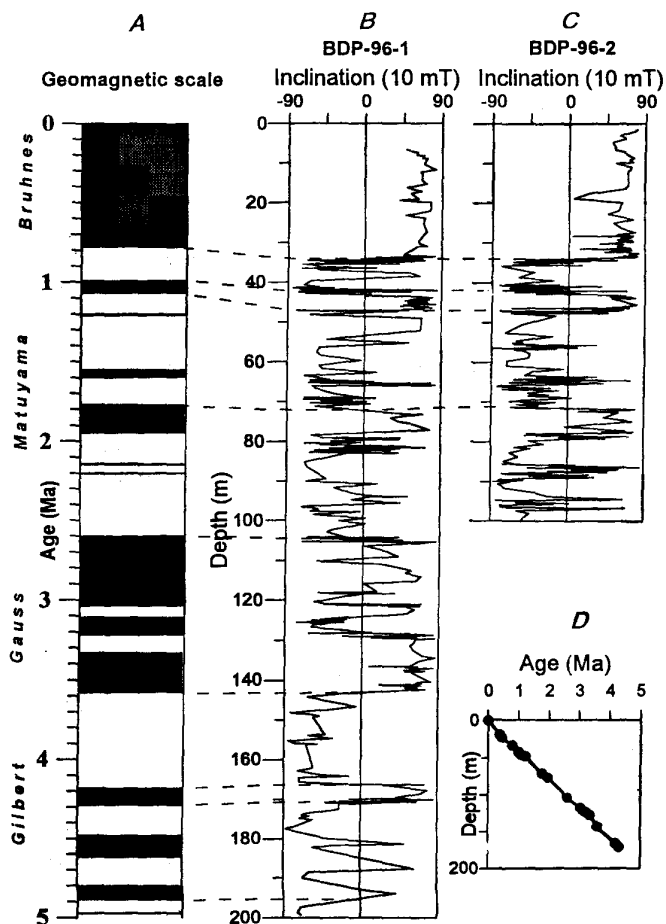


Рис. 1. Магнитостратиграфическая шкала для последних 5 млн лет, составленная по результатам исследований кернов глубокого бурения донных осадков Академического хребта. Проект «Байкал-бурение» в 1996 г.

A — шкала геоманнитной полярности по [Candle, Kent, 1995; Shackleton, Hall, Pate, 1995]; B, C — профили наклонения по скважине BDP-96-1, 2 после размагничивания по полю 10 мТ. Корреляционные линии (пунктир) иллюстрируют высокую сходимость данных по кернам обеих скважин; D — возрастная модель керна скважин 1 (200 м) и 2 (100 м), построенная по 15 контрольным точкам на границах основных геоманнитных событий.

Возраст и скорости осадконакопления верхнего 40-метрового интервала, соответствующего эпохе прямой полярности Брюнес (780 тыс. лет) и концу эпохи Матуяма (до 900 тыс. лет) оценены двумя независимыми магнитными методами. Первый — корреляция профиля магнитной восприимчивости и кривой СПЕСМАР (рис. 2).

Профили магнитной восприимчивости иллюстрируют точную корреляцию с кривой δO^{18} , полученной в океане [Shackleton et al., 1990]. Возрастные оценки (методика подробно описана [Peck et al., 1994, 1996]) в целом по скважинам совпадают с оценками, выполненными по палеомагнитным данным.

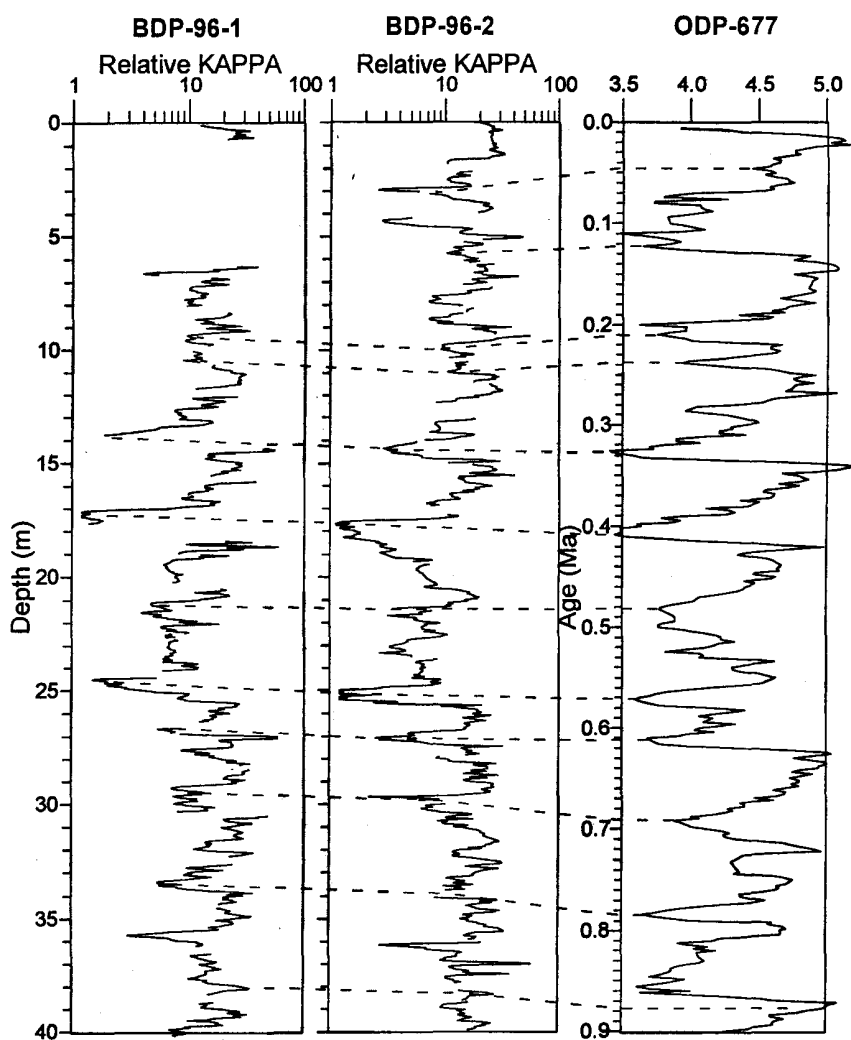


Рис. 2. Корреляция профилей магнитной восприимчивости скважин глубокого бурения (BDP-96) на Академическом хребте (слева и в центре) и кривой изотопа кислорода δO^{18} (справа) рейса ODP-677 [Shackleton et al., 1990] для верхних 40 м.

Корреляционные линии (пунктир) соединяют характерные точки кривых. Графики иллюстрируют доказанную ранее [Кинг и др., 1993; Peck et al., 1994, 1996] возможность использования профилей магнитной восприимчивости для анализа климатического сигнала на Байкале. Необходимо отметить, что самые верхние 40 см кернов от поверхности отсутствуют, поэтому первая стадия δO^{18} потепления на профилях магнитной восприимчивости не выглядит так ярко.

Второй способ датировки событий в пределах эпохи Брунес — по экскурсам (кратковременным отклонениям от среднего палеомагнитного направления геомагнитной эпохи). Данный метод ненадежен, так как многие экскурсы пока недостаточно изучены и плохо датированы [Champion et al., 1988; Petrova, Pospelova, 1990; Nowaczyk et al., 1994; Jacobs, 1994]. Профили наклонения после размагничивания оптимальным магнитным полем (10 мТ) по результатам измерения на криогенном магнитометре изображены на рис. 3. В пределах эпохи Брунес было выделено несколько аномалий наклонения, которым присваивался порядковый номер (сверху вниз по разрезу) в случае, если:

- аномалия фиксируется как минимум пятью точками;
- отличие аномальных наклонений от среднего превышает стандартное отклонение;
- выделенная аномалия прослеживается в обеих скважинах (точная корреляция проводилась по магнитной восприимчивости и литологическому описанию).

Все участки, где определены перемешанный осадок и шлам, верхи кернов и другие сомнительные интервалы, были исключены из анализа. Таким образом, в пределах эпохи Брунес выделены 21 аномалия наклонения. Не все аномалии при дальнейшем исследовании могут оказаться действительными экскурсами. Датирование аномалий наклоне-

BAIKAL DRILLING PROJECT 1996

BDP-96-1

BDP-96-2

Age (Ka)

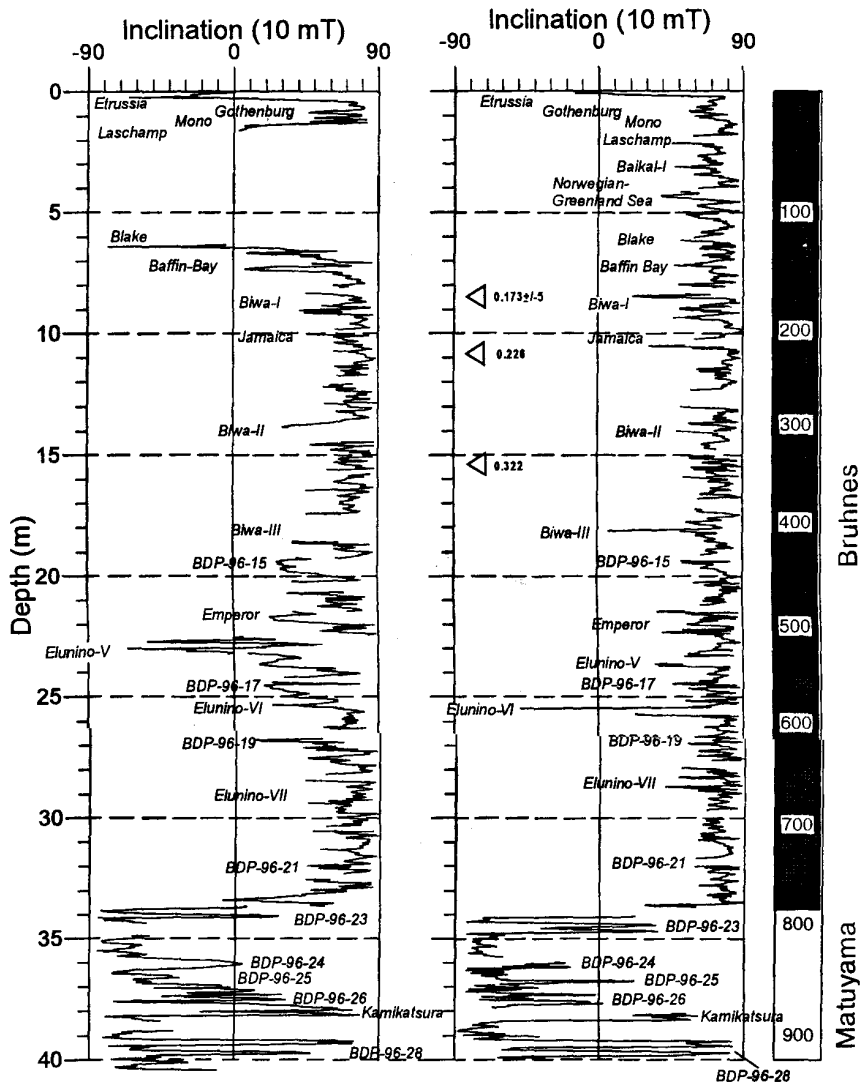


Рис. 3. Иллюстрация детальных палеомагнитных исследований за последние 900 тыс. лет по проекту «Байкал-Бурение» в 1996 г. (BDP-96).

Полученные сканированием на криогенном магнитометре данные с высокой разрешающей способностью (интервал измерений 1 см, т. е. около 250 лет) позволяют идентифицировать ряд экскурсов эпох Брюнес и конца Матуямы. Используемые для анализа данные приведены после размагничивания оптимальным переменным магнитным полем 10 мТ. Основные экскурсы были идентифицированы и приведены с собственными названиями (по литературным данным). Остальные экскурсы обозначены порядковым номером (по мере встречаемости сверху вниз по скважине), им присвоен индекс проекта, т. е. обозначение BDP-96-25 означает: проект «Байкал-бурение», 1996 г., порядковый номер экскурса — 25. Крупные треугольники на глубинах 8,5; 10,85 и 15,55 м с цифрами рядом — датировки (в млн лет) U-Th методом [Сандимиров, устное сообщение].

ния проведено: по корреляции магнитной восприимчивости и кривой СПЕСМАР, сравнением с датами уже известных экскурсов, использованием данных о глубине границы Брюнес/Матуяма в скважинах, сравнением с данными U-Th метода [Сандимиров, устное сообщение]. Наиболее известным в настоящее время экскурсам были присвоены, помимо по-

рядкового номера по скважине, собственные названия. Выделяемый повсеместно на Байкале двойной экскурс Бива-I — Ямайка, например, включает четыре пика и согласуется с данными по U-Th датированию, которые имеют немного заниженные значения по сравнению с магнитным датированием, однако данная разница не существенна. Самое значи-

тельное различие отмечается на глубине 15,55 м, где U-Th датировки составили 322 ± 18 тыс. лет [Там же]. Такое значение несколько ниже, чем по датированию, основанному на корреляции магнитной восприимчивости K и δO^{18} (360 тыс. лет). Кроме Бива-I — Ямайка мы предварительно выделяем экскурсы — Лашамп, Байкал-I (обоснованный в работах [Peck et al., 1996, 1998]), Баффин Бэй, Эмперор, BDP-96-17, Элунини-VI. Остальные аномальные участки профилей наклонений требуют подтверждения по новым скважинам и дополнительных исследований. Так, например, экскурс Моно, уже определенный ранее в многочисленных колонках озера [Там же], в гравитационной колонке озера скважин выглядит как действительный экскурс, а в скважине 2 имеет пониженные значения, но не выходящие за рамки стандартного отклонения. Экскурс Готенбург, хотя и коррелируется в обеих скважинах, но находится в самом начале кернов, когда высока вероятность шламового загрязнения. Кроме того, данный экскурс не записан полностью (находится в разрыве кернов), поэтому ненадежен. В верхнем интервале эпохи Матюяма (от 780 до 900 тыс. лет) нами предварительно выделено семь аномалий, поведение которых можно рассматривать как экскурсы. Наибольший интерес в настоящее время заслуживают аномалии: BDP-96-23, BDP-96-24, BDP-96-27 (или Камикатсура), BDP-96-28, которые коррелируются по обеим колонкам.

Таким образом, можно заключить, что донные осадки оз. Байкал являются не только прекрасным материалом для изучения тонкой структуры геомагнитного поля, но и хорошим индикатором палеоклиматических событий. Построена непрерывная континентальная магнитостратиграфическая шкала для последних 5 млн лет, которая совпадает с мировой и детализирует ее. В дальнейшем планируется выполнить подробный анализ каждой геомагнитной эпохи, провести датировку всех экскурсов.

Литература

Кинг Дж. У., Пек Дж., Гангем П., Кравчинский В. А. Палеомагнитные и петромагнитные исследования осадков озера Байкал // Геология и геофизика. 1993. Т. 34, № 10—11. С. 174—191.

Плиоцен и плейстоцен среднего Байкала / В. Д. Мац, А. Г. Покатилов, С. М. Попова, и др. Новосибирск: Наука, 1982. 192 с.

Результаты бурения первой скважины на озере Байкал в районе Бугульдейской перемычки / Кол. авт. // Геология и геофизика. 1995. Т. 36, № 2. С. 3—25.

Champion D. E., Lanphere M. A., Kuntz M. A. Evidence for a new geomagnetic reversal from lava flows in Idaho: Discussion of short polarity reversals in the Brunhes and late Matuyama polarity chrons // J. Geophys. Res. 1988. P. 11667—11680.

Channel J. E. T. Recalibration of the geomagnetic polarity timescale // Rev. Geophys. Suppl. 1995. P. 161—168.

Continuous continental paleoclimate record for the last 5 Million Years revealed by Leg II of Lake Baikal Drilling. Baikal Drilling Project Members // EOS. 1997.

Jacobs J. A. Reversals of the Earth's Magnetic Field. Second Edition Cambridge University Press. 1994. 345 p.

Nowaczyk N. R., Frederichs T. W., Eisenhauer A., Gard G. Magnetostratigraphic data from late Quaternary sediments from the Yermak Plateau, Arctic Ocean: evidence for four geomagnetic polarity events within the last 170 Ka of the Brunhes Chron // Geoph. J. Int. 1994. V. 117. P. 453—471.

Peck J. A., King J. W., Colman S. M., Kravchinsky V. A. A rock-magnetic record from Lake Baikal, Siberia: Evidence for Late Quaternary climate change // Earth and Planet. Sci. Lett. 1994. V. 122. P. 221—238.

Peck J. A., King J. W., Colman S. M., Kravchinsky V. A. An 84 Kyr Palaeomagnetic record from the sediments of Lake Baikal, Siberia // J. Geophys. Res. 1996. V. 101, № B5. P. 11356—11385.

Peck J. A., King J. W., Kravchinsky V. A. The sedimentary environmental magnetic record from lake Baikal: chronostratigraphic applications // Baikal rift in the Cenozoic / Eds. V. D. Mats and D. R. Hatchinson. Cambridge: Cambridge Univ. Press. 1998. P. 124—157.

Petrova G. N., Pospelova G. A. Excursions of the magnetic field during the Brunhes chron // Phys. Earth and Planet. Inter. 1990. № 63. P. 135—143.

Shackleton N. J., Berger A., Peltier W. R. An alternative astronomical calibration of the lower Pleistocene timescale based on ODP Site 677 // Trans. Roy. Soc. Edinburgh: Earth Sciences, 1990. V. 81. P. 251—261.

Williams D. F., Peck J., Karabanov E. B., Prokopenko A. A. et al. Lake Baikal Record of Continental Climate Response to Orbital Insolation During the Past 5 Million Years // Science. 1997. V. 278. P. 1114—1117.